



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

**ANÀLISI D'UN CRIBRATGE VISUAL INFANTIL – 2:
INFLUÈNCIA DE LA VISIÓ DEL COLOR DEFECTIVA I EL RENDIMENT
ACADÈMIC EN ESCOLARS**

AMELIA DIANA ANDRICI

DIRECTORES: ELVIRA PERIS MARCH I NÚRIA VILA VIDAL

DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

10 de Juny de 2019



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

Les Sres. **Elvira Peris March** i **Núria Vila Vidal**, com a directores del treball

CERTIFIQUEN

Que el Sr./Sra. **Amelia Diana Andrici** ha realitzat sota la seva supervisió el treball **ANÀLISI D'UN CRIBRATGE VISUAL INFANTIL – 2: INFLUÈNCIA DE LA VISIÓ DEL COLOR DEFECTIVA I EL RENDIMENT ACADÈMIC EN ESCOALRS** que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.

Sr/Sra. Elvira Peris March
Tutor/a del treball

Sr/Sra. Núria Vila Vidal
Director/a del treball

Terrassa, 10 de Juny de 2019



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ANÀLISI D'UN CRIBRATGE VISUAL INFANTIL – 2: INFLUÈNCIA DE LA VISIÓ DEL COLOR DEFECTIVA I EL RENDIMENT ACADÈMIC EN ESCOLARS

RESUM

OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest treball és conèixer fins a quin punt les anomalies de la visió del color poden afectar la vida de les persones que les pateixen i si poden interferir en les diferents activitats escolars o professionals de la persona afectada. Específicament volem conèixer la incidència d'aquestes anomalies segons el sexe i si condicionen el rendiment acadèmic dels escolars.

MÈTODE

S'ha realitzat un cribratge visual a nens i nenes de tercer de primària, d'edats entre 8 i 9 anys, de les escoles de Terrassa. Les proves realitzades han estat: anamnesi, agudesia visual, cover test en visió llunyana i en visió propera comprovant la comitància, punt pròxim de convergència, punt pròxim d'acomodació, retinoscòpia, Developmental Eye Movement Test (DEM) i visió del color amb el test d'Ishihara. Els resultats obtinguts s'han afegit a la base de dades de la facultat i ha permès que el treball es faci sobre una mostra de 2305 nens i nenes.

RESULTATS

Els resultats obtinguts mostren una prevalença del 2% de nens i nenes que no passen la prova i presenten alguna alteració. Tot seguit, hem analitzat la incidència d'aquestes anomalies segons el sexe i els resultats obtinguts mostren que el percentatge d'afectació de la mostra masculina és d'un 4,6 % mentre que el de la mostra femenina es troba en un 0,07%. Finalment hem analitzat si els defectes al color influeixen en el rendiment acadèmic dels estudiants i hem pogut veure que no hi ha cap relació entre les dues variables ($p = 0,507$) i la mitja del rendiment acadèmic per les persones amb la visió del color afectada és molt similar a la mitja d'aquells estudiants que no presenten cap anomalia, per tant, el rendiment acadèmic no es veu afectat per les anomalies de la visió cromàtica.

CONCLUSIONS

La conclusió que podem extreure és que efectivament les anomalies de la visió del color afecten en una major proporció als homes que a les dones i en l'àmbit escolar podem veure que el rendiment acadèmic no està estadísticament relacionat amb aquestes anomalies. És molt important passar la prova de la visió al color des de la primera visita del nostre pacient per tal de poder informar a temps de la problemàtica i que el pacient sigui conscient i es puguin aportar tècniques més fàcils d'aprenentatge pel problema que presenta i proporcionar una bona orientació professional als estudiants



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ANÁLISIS DE UN CRIBADO VISUAL INFANTIL – 2: INFLUENCIA DE LA VISIÓN DEL COLOR DEFECTIVA Y EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN ESCOLARES

RESUMEN

OBJECTIUS

El objetivo de este trabajo es conocer hasta qué punto las anomalías de la visión del color pueden afectar la vida de las personas que las sufren y si pueden interferir en las diferentes actividades escolares o profesionales de la persona afectada. Específicamente queremos conocer la incidencia de estas anomalías según el sexo y si condicionan el rendimiento académico de los escolares.

MÉTODO

Se ha realizado un cribado visual a niños y niñas de tercero de primaria, de edades entre 8 y 9 años, de las escuelas de Terrassa. Las pruebas realizadas han sido: anamnesis, agudeza visual, cover test en visión lejana y en visión cercana comprobando la comitancia, punto próximo de convergencia, punto próximo de acomodación, retinoscopia, Developmental Eye Movement Test (DEM) y visión del color con el test de Ishihara. Los resultados obtenidos se han añadido a la base de datos de la facultad y ha permitido que el trabajo se haga sobre una muestra de 2305 niños y niñas.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran una prevalencia del 2% de niños y niñas que no pasan la prueba y presentan alguna alteración. A continuación, hemos analizado la incidencia de estas anomalías según el sexo y los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de afectación de la muestra masculina es de un 4,6% mientras que el de la muestra femenina se encuentra en un 0,07 %. Finalmente hemos analizado si los defectos en el color influyen en el rendimiento académico de los estudiantes y hemos podido ver que no hay ninguna relación entre ambas variables ($p = 0,507$) y la media del rendimiento académico para las personas con la visión del color afectada es muy similar a la media de aquellos estudiantes que no presentan ninguna anomalía, por lo tanto, el rendimiento académico no se ve afectado por las anomalías de la visión cromática.

CONCLUSIONES

La conclusión que podemos extraer es que efectivamente las anomalías de la visión del color afectan en mayor proporción a los hombres que en las mujeres y en el ámbito escolar podemos ver que el rendimiento académico no está estadísticamente relacionado con estas anomalías. Es muy importante pasar la prueba de la visión en color desde la primera visita de nuestro paciente para poder informar a tiempo de la problemática y que el paciente sea consciente y se puedan aportar técnicas más fáciles de aprendizaje por el problema que presenta y proporcionar una buena orientación profesional a los estudiantes.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

ANALYSIS OF A VISUAL CHILD SCREENING – 2: INFLUENCE OF DEFECTIVE COLOR VISION AND ACADEMIC PERFORMANCE IN SCHOOLCHILDREN

SUMMARY

PURPOSE

The purpose of this work is to find out what extent the color vision anomalies can affect people's lives who suffer them and whether it can interfere in school or professional activities of the affected person. Specifically, we want to know the incidence of these anomalies according to sex and if it conditions the academic performance of schoolchildren.

METHOD

A visual screening has been carried out to third-grade children, aged between 8 to 9, from Terrassa schools. The tests carried out have been: anamnesis, visual acuity, cover in distant vision and in close vision, checking the comitology, the next point of convergence, the next point of accommodation, retinoscopy, Developmental Eye Movement Test (DEM) and color vision with the Ishihara's test. The results obtained have been added to the faculty's database and has allowed the work to be done on a sample of 2305 children.

RESULTS

The results obtained show a prevalence of 2% of children who do not pass the test and present some alteration. Then, we analysed the incidence of these anomalies according to sex and the results showed that the percentage of affection of the male sample is 4.6% while that of the female sample is 0.07 %. Finally, we have analysed whether color vision defects influence students' academic performance and we have seen that there is no relationship between the two variables ($p = 0.507$) and the average of academic performance for people with affected color vision is very similar to the average of those students who do not present any anomaly, therefore, the academic performance is not affected by the anomalies of the chromatic vision.

CONCLUSIONS

The conclusion that we can draw is that the color vision anomalies affect in a greater proportion to men than women and in the school environment we can see that the academic performance is not statistically related to these anomalies. It is very important to pass the color vision test from the first visit of our patient in order to be able to inform in time of the problem so that the patient is conscious of it and be provided by easier learning techniques according to the problem and give to the students a good professional orientation.

ÍNDEX

1. OBJECTIUS.....	7
2. INTRODUCCIÓ	8
3. EL COLOR	9
3.1. NEUROBIOLOGIA DE LA VISIÓ	10
3.2. LA VISIÓ DEL COLOR	12
3.3. TESTS DE VISIÓ DEL COLOR	18
3.4. CRIBRATGES VISUALS.....	25
3.4.1. CRIBRATGES VISUALS – VISIÓ DEL COLOR.....	26
4. MÈTODE	27
5. RESULTATS	34
5.1. PREVALENÇA DE LES ANOMALIES DE LA VISIÓ DEL COLOR	34
5.2. VISIÓ DEL COLOR I SEXE	35
5.3. RENDIMENT ACADÈMIC I VISIÓ DEL COLOR	36
6. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	38
6.1. PREVALENÇA DELS DEFECTES DE LA VISIÓ CROMÀTICA SEGONS EL SEXE	38
6.2. INFLUÈNCIA DELS DEFECTES DE LA VISIÓ CROMÀTICA EN EL RENDIMENT ACADÈMIC	38
7. BIBLIOGRAFIA.....	40

1. OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest treball és investigar fins a quin punt les anomalies de la visió del color pot interferir en la vida de les persones que la pateixen. Es vol analitzar a partir d'una mostra d'escolars d'edats entre 8 i 9 anys com afecten aquestes anomalies congènites.

OBJECTIUS ESPECÍFICS

Els objectius específics d'aquest treball és conèixer la incidència de les anomalies de la visió del color segons el sexe del pacient i per una altra banda, conèixer si les anomalies de la visió del color condiciona el rendiment acadèmic del pacient.

2. INTRODUCCIÓ

La deficiència de la visió del color és un trastorn de la visió que afecta fins a un 8% de la població masculina i fins a un 0,4 % de la femenina en les societats caucàsiques.

Aquestes deficiències són comuns molts pacients que no tenen una visió normal del color no són conscients de la seva deficiència al color. En aquests casos el pacient arriba a conèixer l'anomalia que pateix a l'hora de decidir el seu futur ja que moltes professions exigeixen una visió normal del color. En canvi les persones que són conscients poden trobar estratègies útils en el seu dia a dia i en un futur no pateix decepcions a l'hora de decidir el seu futur.

És molt important que els optometristes realitzin la prova de la visió del color. El test Ishihara és una eina molt útil i una ajuda ràpida per detectar aquestes anomalies i en alguns casos poder-les classificar.

Aquest treball és el resultat d'un cribratge visual realitzat a nens i nenes de 3r de primària als quals se'ls ha realitzat la prova de la visió del color, el tema sobre el qual es centra el treball. S'explicarà en què consisteix tenir una visió normal del color, les anomalies que poden afectar la visió normal del color i com poden afectar aquestes anomalies al pacient que la pateix.

3. EL COLOR

Gràcies al fet de veure en color les nostres capacitats visuals augmenten considerablement i enriqueix la nostra percepció del món perquè ens proporciona la capacitat de percebre detalls que per una persona que no els percebi, aquests detalls quedarien “amagats”.

El color és una sensació, producte de la interpretació del nostre cervell. D'acord amb la Comissió Internacional de la Il·luminació (CIE, 2001).^[6], el color és definit com l'aspecte de la percepció visual mitjançant el qual un observador pot distingir entre dos camps de la mateixa mida, forma i textura basant-se en les diferències en la descomposició espectral de les radiacions relacionades amb l'observació (Figura 3.1).

Isaac Newton al segle XVII va demostrar l'existència dels set colors diferents quan va fer passar llum blanca a través d'un prisma (Figura 3.2); a partir d'això els primers investigadors del color van proposar que cada color estava codificat per un tipus diferent de cons amb diferent sensibilitat espectral, però, segons aquest model ens farien falta milers de cons per a percebre l'amplia gama de color que existeixen.
^[14]



Figura 3.1. Imatge percebuda amb color i sense color

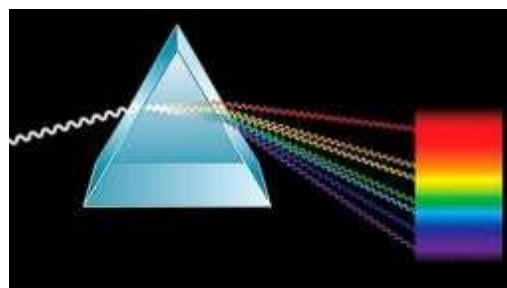


Figura 3.2. Espectre visible

Més tard, Thomas Young (S. XIX) va proposar la teoria de l'existència de tres-fotoreceptors que tenien màxima sensibilitat pel color vermell, el groc i el blau, i que es va confirmar més endavant per Maxwell i Helmholtz (S. XIX). Avui en dia sabem de l'existència de tres tipus de cons en la retina que responen a diferents longituds d'ona: els cons L, que responen a longituds d'ona llargues (vermell), els M que responen a les mitjanes (verd), i els S que responen a les curtes (blau) (Figura 3.3). Edwald Hering (S. XIX), intentant resoldre algunes dificultats de la teoria tricromàtica va proposar l'existència de tres processos oposats generats en algun punt de la ruta visual, explicant perquè no es possible experimentar alhora les sensacions del verd-vermell o groc-blau i va enunciar que el color es processa a través de tres canals diferents, dos per al to i un per a la lluminositat (Figura 3.4).^{[14] [16]}

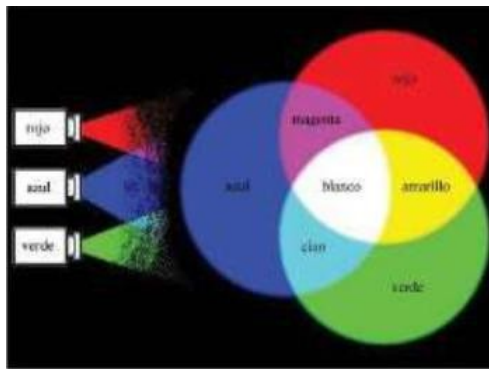


Figura 3.3. Colors primaris. Teoria Tricromàtica

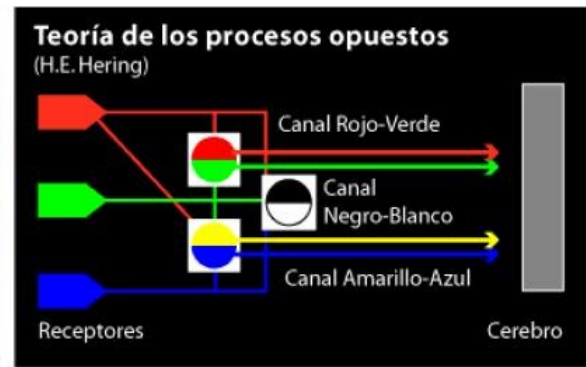


Figura 3.4. Teoria dels processos oposats

3.1. NEUROBIOLOGIA DE LA VISIÓ DEL COLOR

La visió del color és controlada pels cons i els bastons que es troben a la retina, els cons són els fotorreceptors encarregats d'actuar en condicions d'alta lluminositat (fotòpica), per tant, de la visió del color i els bastonets s'encarreguen d'actuar en condicions de baixa lluminositat (escotòpica) (Figura 3.5). El resultat de l'absorció de llum pels pigments que es troben en els cons de la nostra retina, la llum absorbida es converteix en impulsos elèctrics i és interpretada pel còrtex visual. ^{[3] [9] [13] [14] [20]}

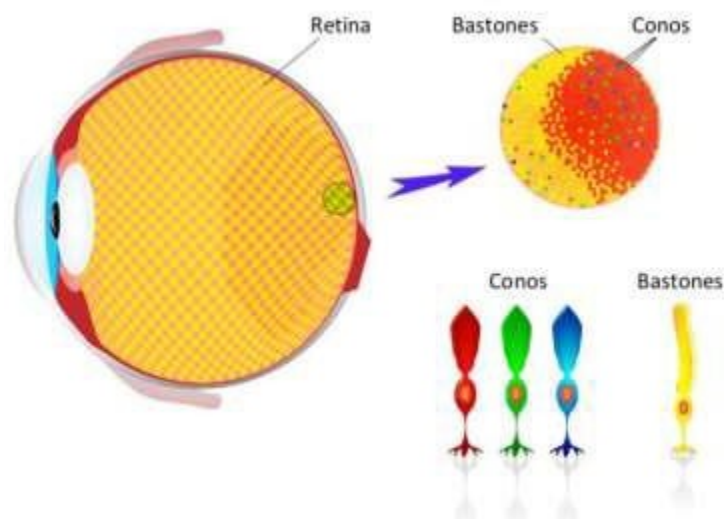


Figura 3.5. Diferents tipus de fotorreceptors de la retina

Percebem la visió en color gràcies als pigments visuals dels cons, diferenciats en tres tipus diferents d'opsines, cada una d'elles sensible a una longitud d'ona en concret. Els diferents tipus de cons són: eritolabo (fotosensible al vermell, tipus L), clorolabo (fotosensible al verd, tipus M) i cianolabo (fotosensible al blau, tipus S) (Figura 3.6). ^[13]
[16] [20]

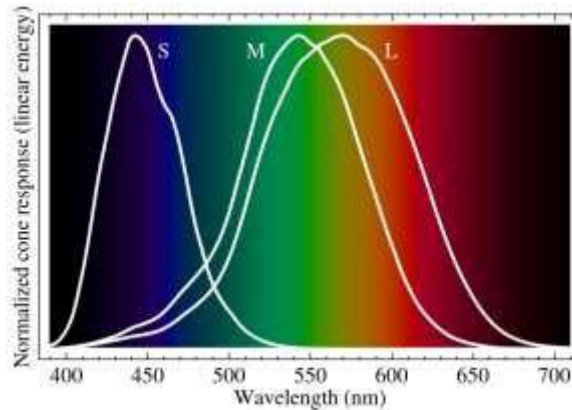


Figura 3.6. Corbes de sensibilitat espectral dels diferents cons

Per arribar a percebre els colors tal com els cervell els interpreta hi ha varies etapes: la llum absorbida pels cons es transmet pel nucli geniculat lateral (LGN) que es troba al tàlem fins arribar l'escorça visual primària (V1). A partir d'aquí la informació es processada per la segona àrea visual (V2) a partir d'unes cèl·lules que es troben dins de l'escorça posterior inferior temporal, en aquesta regió es troba l'àrea visual V4 que després es processada a l'escorça temporal inferior (Figura 3.8). Totes aquestes etapes contribueixen en la construcció d'un aspecte diferent de la percepció de la visió del color.
[9] [20]

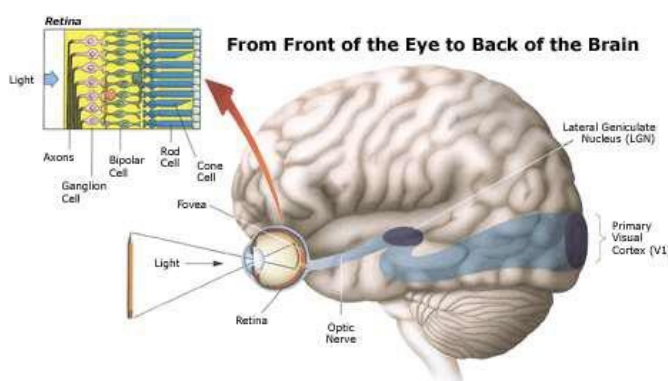


Figura 3.7. Via Visual Anterior

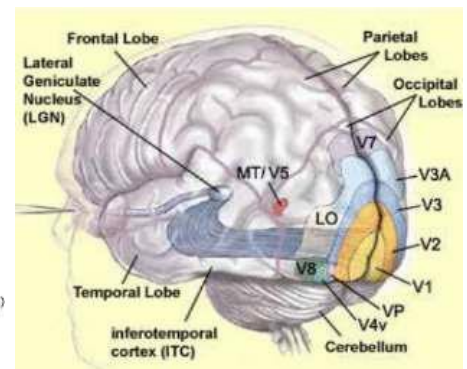


Figura 3.8. Divisió del lòbul occipital

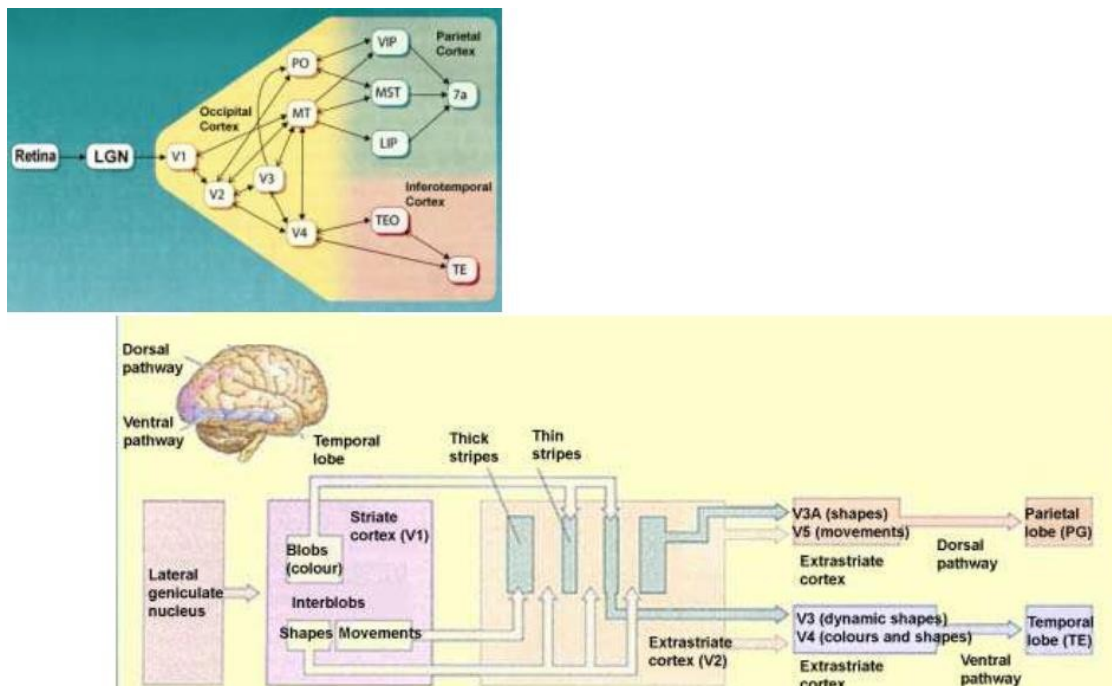


Figura 3.9. Via Visual Posterior

3.2. LA VISIÓ DEL COLOR

Podem dir que la visió del color es normal quan els tres tipus de fotopigments funcionen i no hi ha cap anomalia, per tant es produeix visió tricromàtica. Un individu tricròmat presenta una sensibilitat espectral diferencial amb 3 pics degut al seu bon funcionament d'absorció dels cons S (430 nm), M (520 nm) i L (565 nm). En el cas de que es produeixi una alteració en el funcionament de l'absorció dels cons o bé en el nombre de cons presents parlariem d'anomalies de la visió del color.^{[9] [20]}

Les percepcions cromàtiques alterades s'anomenen dicromatòpsies. Certs individus no són capaços de percebre alguns colors mentre que uns altres tenen dificultat en reconèixer-los.

Per tal de posar nom a aquestes anomalies de la visió del color s'ha de tenir en compte el tipus de con afectat i el fet de que l'anomalia es presenti de forma total o parcial.

L'anomalia es pot presentar de forma parcial en els tricròmats que tot i tenir visió del color aquesta visió no és com la d'un tricròmat normal, ja que es pot donar la possibilitat de tenir un, dels tres fotopigments, desplaçat en l'espectre d'absorció, fet que el converteix en tricròmat anòmal. La seva sensibilitat diferencial és dolenta i acostuma a anomenar els colors malament, perquè distingeix les tonalitats de l'espectre erròniament. Aquest subjecte necessita superfícies grans i lluminositats majors a un tricròmat normal per tal de millorar la seva sensibilitat.^[20]

Una persona dicròmat té només dos fotopigments funcionals i l'espectre d'absorció del con que falta és substituït per un dels fotopigments existents. Aquesta condició produeix afectacions tals com: disminució de la sensibilitat espectral i de la distinció de la longitud d'ona i una alteració de la percepció de la saturació.

Les diferents anomalies de la visió del color són les següents (Taula 3.1):

	DEFECTE VERD-VERMELL		DEFECTE BLAU-GROC
	Verd	Vermell	
TRICRÒMATES	Protanomia	Deuteranomia	Tritanomia
	Con L alterat	Con M alterat	Con S alterat
DICRÒMATES	Protanopia	Deuteranopia	Tritanopia
	Manca con L	Manca con M	Manca con S

Taula 3.1: Classificació de les anomalies de la visió cromàtica.

Una altra anomalia és el monocromatisme /acromatisme , els individus que la pateixen són cecs al color i només són capaços de poden percebre diferents lluminositats amb l'ajuda d'altres propietats, com serien la forma dels objectes per a distingir-los (Figura 3.10). [3] [17]

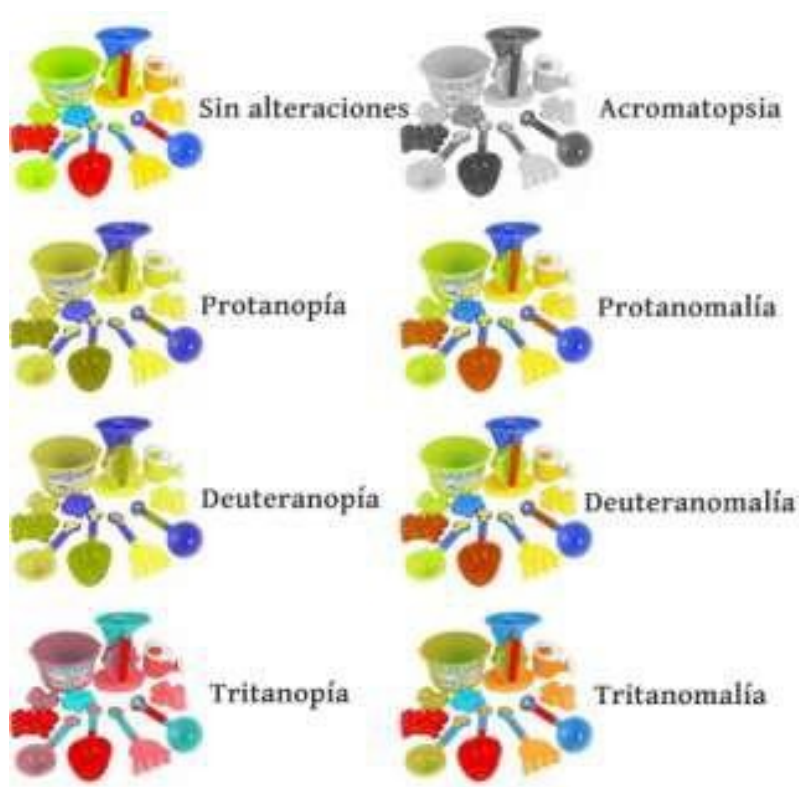


Figura 3.10. Anomalies de la visió cromàtica

Aquestes anomalies es poden classificar segons la seva etiologia, resultant les anomalies congènites o hereditàries i les adquirides.

- a. Anomalies congènites: són aquelles que es detecten al avaluar la visió del color. Són fàcils de classificar perquè són constants, es binocular, és a dir, afecta el dos ulls per igual i no pitjora amb els anys. Aquestes són les anteriorment esmentades, discromatòpies.
 - Defecte verd-vermell: aquesta és l'afectació més comú. Es presenta amb la dificultat de diferenciar els verds i els vermells però l'agudesa visual no es veu afectada. Tal com podem observar en la Taula 1 aquest defecte es pot donar tant en tricròmates com en dicròmates segons l'afectació dels cons L (protan) i M (deutan).
 - Defecte blau-groc: és menys comú. En aquest cas tampoc es veu afectada l'agudesa visual però sí la percepció dels colors. En aquest cas l'afectació es dona en el con S (tritan) i es pot donar tant en tricròmates, alterant aquest con, com en dicròmates, amb la manca del con S.
 - Acromatòpia: és l'afectació més severa del monocromatisme ja que o perceben el color, afecta l'agudesa visual i produeix enlluernaments, perquè aquests individus només tenen bastons en la seva retina, a més de ser cecs al color. ^{[4] [8] [17]}

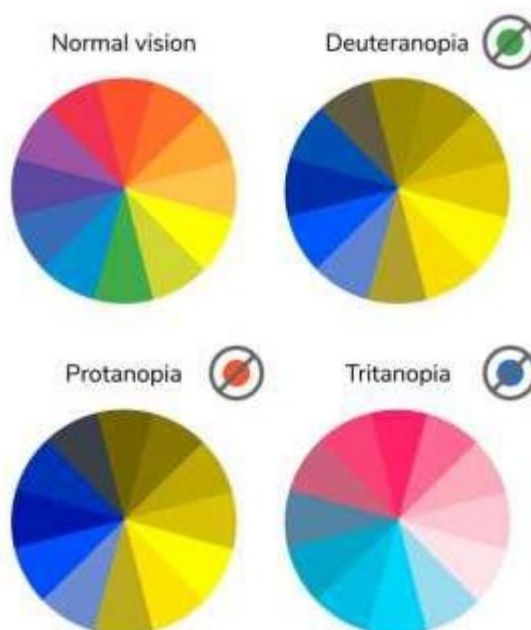


Figura 3.11. Percepció del color segons l'anomalia cromàtica que presenta l'individu

Les anomalies i deficiències congènites són les més comunes de la visió del color. Es coneix que s'hereta com un caràcter recessiu lligat al cromosoma X, concretament a la parella 23, que és l'única parella sexual de cromosomes, que determina el sexe de l'individu, si aquest serà de sexe masculí o femení. Els masculins tenen un cromosoma X, que l'hereten de la mare, i un cromosoma Y, que l'hereten del pare, el sexe femení, ve determinat per dos cromosomes X, que igual que el cas anterior, un procedeix del pare i l'altre de la mare.

Donat que aquestes anomalies afecten el cromosoma X de la parella 23, entenem que aquestes afectacions seran més evidents en homes que en dones, donat que ells només tenen un cromosoma X, per tant la mutació d'aquest cromosoma es veurà manifestada en el mateix individu (Figura 3.12). [12]

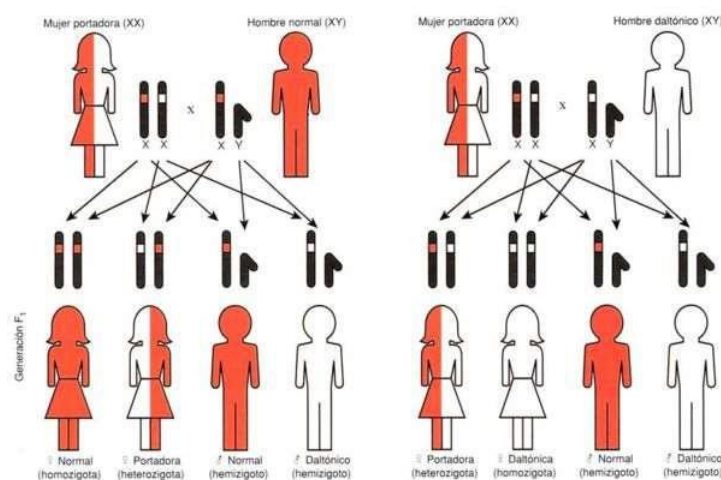


Figura 3.12. Herència genètica dels defectes de la visió del color

Segons diferents autors, la deficiència de la visió del color afecta un 8% d'homes i 0,4% de les dones de la societat caucàsica.

Tot i així no totes les anomalies de la visió del color són igual de freqüents. El defecte més freqüent és el del vermell-verd, seguit pels defectes del blau-groc que són més freqüents que les acromatòpsies. A Europa la incidència de subjectes amb deficiència protan és lleugerament inferior a 2%, mentre que la de subjectes deutan és lleugerament superior al 6% (Taula 3.2). [17]

Condicció	Homes (%)	Dones (%)
Protanopia	1	0,02
Protanomalía	1,5	0,03
Deuteranopia	1	0,01
Deuteranomalía	5	0,4
Tritanopia/tritanomalía	Molt rares	Molt rares

Taula 3.2. Prevalença d'anomalies congènites en homes i dones [2]

Per la visió defectiva del color no hi ha cura, tot i així, amb l'ajuda d'uns filtres oftàlmics el pacient amb alteracions de la visió del color podria millorar la discriminació de colors. Aquests filtres, filtren certes longituds d'ona que no interessen i millora la transmissió de les radiacions desitjades aconseguint millorar la seva visió del color. ^[7]

Limitacions de la visió defectiva del color:

➤ **Aprenentatge**

Actualment podem dir que les anomalies de la visió cromàtica pot afectar l'aprenentatge escolar. Des dels tres anys, quan els nens comencen l'Educació Infantil, es comencen a utilitzar els colors com a mètode d'aprenentatge bàsic previ a l'escriptura i el material didàctic que s'utilitza, conté moltes activitats on principalment es fa servir el color com un recurs fonamental. Aquestes anomalies afecten les capacitats visioceptives dels nens però no té un efecte negatiu sobre la percepció en general dels nens. Tot i que les anomalies de la visió del color són al principi un obstacle per l'aprenentatge donat que el material utilitzat i el material didàctic proporcionat als mestres utilitza molt el codi de color, això no implica que el rendiment escolar del nen estigui afectat, ja que ell mateix pot desenvolupar estratègies per tal de recordar les tonalitats de color i associar les formes amb els colors que s'utilitzen i poder diferenciar així els colors que confonen. ^{[15] [18]}

➤ **Món laboral**

El món laboral presenta moltes més limitacions per una persona amb deficiències de la visió del color que per una persona amb visió normal del color. És important que tant la persona afectada com els pares d'aquesta, siguin conscients de la seva anomalia per poder escollir la professió en la qual la visió del color anòmala no sigui un inconvenient per poder practicar-la.

Hi ha una sèrie de professions que requereixen un bon reconeixement dels colors, tals com, per les indústries tèxtils, per la pintura. Per als mitjans de transport, per a les forces de defensa i seguretat, en professions de instal·lacions elèctriques o electròniques, professions sanitàries i en la horticultura és necessària un bon discerniment de la visió del color per poder practicar-les. ^[8]

Professions afectades per les anomalies de la visió del color

Controls de qualitat i correcció del color a indústries tèxtils, plàstiques o de pintures	Persones amb una reduïda discriminació del color. Normalment els treballadors han de passar una prova d'aptitud del color
Ebenisteria i fusteria	Dificultats per fer coincidir les diferents taques entre fusta i fusta
Pintura, disseny, arquitectura i fotografia	Són les professions on més es fa servir el codi de colors i presentar alguna anomalia pot influir negativament
Botànica i floristeria	Percepció d'una gamma disminuïda dels colors, alteració dels colors d'algunes flors i el fullatge, això fa que es percebi menys vius, colors molt similars en totes les estacions de l'any
Gastronomia i pastisseria	Les persones que presenten anomalies no saben distingir si la carn es crua o està feta. Els pastissers últimament, treballen amb una àmplia gama de color per les cobertures i decoracions del pastissos, a més de treballar amb fruites com per exemple les pomes, que son difícils de distingir si no es té una visió normal del color
Metges i optometristes	Poden tenir dificultats per veure les hiperèmies, l'envermelliment característic de les inflamacions, cremades de la pell o bé erupcions
Forces armades	Requereix una visió normal del color per ocupacions crítiques tals com pilots d'avió, els oficials i els tripulants de la marina
Policies	Han de ser capaços de reconèixer els colors del semàfor, per identificar i descriure persones o evidències utilitzant codis de color. Es requereix tant una bona visió del color com una bona agudesia visual per a poder entrar-hi
Serveis de foc i rescat	Els bombers també han de tenir una bona visió del color, ja que han de jutjar la naturalesa de la flama a través del color d'aquesta i han de ser capaços de reconèixer codis de colors de substàncies perilloses. Han de saber reconèixer els colors del senyal de trànsit sense dubtar-ho i saber identificar els objectes de color marcats en una situació de rescat
Telecomunicacions (tècnics o guionistes)	Els cables es troben codificats en 10 o més colors, es requereix una bona visió del colors
Electricista	Es treballa amb cables de colors que poden portar a confusions ja que la gran majoria son colors llisos sense codis alfanumèrics o alguna senyalització que permeti la distinció
Medis de transport	En qualsevol tipus de transport, sigui marítim, aeri, ferroviari o per carretera, es fan servir codis i senyals de colors que poden influir més o menys en aquestes professions. Requereixen una bona visió del color ja que existeix el risc de que es produeixin accidents

Taula 3.3. Professions que requereixen una bona visió cromàtica ^[8]

- b. Anomalies adquirides: Són aquelles que apareixen a causa d'un traumatisme o d'una malaltia de la retina o nervi òptic que pugui desencadenar-la. Aquesta persona va tenir visió normal del color i ens podem trobar que anomeni els colors de la manera que els ha après quan no patia l'anomalia. En aquests casos el grau d'afectació entre els ulls pot ser diferent, pot anar acompanyada de visió borrosa i pot empitjorar amb el pas del temps. ^[4]

3.3. TESTS DE VISIÓ DEL COLOR

Actualment hi ha diferents tests per que analitzen la visió del color. Aquests tests es poden classificar en dos grups diferents, segons si es basen en la igualació (anomaloscòpis) o en la capacitat de discriminació cromàtica (làmines pseudocromàtiques i test d'ordenar). ^{[3] [8] [10] [11] [20]}

- Anomaloscòpi

Es tracta d'un instrument i és el més indicat en el diagnòstic i classificació de les deficiències congènites i també en el cas de les deficiències tricromàtiques de la visió del color. També pot ser útil per detectar deficiències adquirides de la visió del color sempre i quan la informació obtinguda es complementa amb proves de discriminació cromàtica.

Es basa en la igualació d'un groc pur mitjançant una barreja de vermell i verd de lluminositat variable que el subjecte pot manipular. Aquests colors coincideixen amb les línies de confusió dels dicromates del tipus protan o deutan, per tant, aquests subjectes seran incapaços de realitzar aquesta prova perquè només perceben diferents lluminositats.

Els principals inconvenients d'aquest instrument són el temps de realització de la prova, la dificultat de ser utilitzat i el preu, és per això que la resta de tests són molt més comuns en la detecció d'anomalies de la visió del color (Figura 3.13).



Figura 3.13. Anomaloscòpi de Nagel

- Tests pseudocromàtics són aquells en els que l'observador ha de tenir la capacitat de reconèixer en una làmina, una figura, formada per punts de color, amagada en un fons acolorit, utilitzant només codis de color. Són utilitzats per identificar diferents graus d'afectació de les deficiències de la visió del color i permet classificar-les segons si es tracta d'una protan, deutan o tritan. Tot i ser molt útils i pràctics el desavantatge que té és la dificultat de trobar una il·luminació ideal, ja que això pot influir quan es realitza la prova i el fet de no poder saber si el pacient és dicròmata o tricròmata anòmal.

Aquestes proves s'han de realitzar amb la prescripció habitual del pacient, amb una il·luminació adequada i a una distància d'uns 75 cm del pacient col·locat perpendicular a la línia visual d'aquest.

Test	Capacitat
City University Test (CUT) (Figura 3.14)	Útil per detectar dicromatòpsies congènites o adquirides i permet diferenciar entre protanomalies, deuteranomalies i tritanomalies i defectes severes
Test del col·legi mèdic de Tokio (Figura 3.15)	Dissenyat per defectes vermell-verd i blau-groc. Permet diferenciar entre protan, deutan i tritan; i permet fer una valoració defectes si són lleus o severes. Requereix bona AV
Ishihara (Figura 3.16)	Més utilitzat i el millor en anomalies color. Permet classificar les anomalies entre protan i deutan però no tritan. Lamines amb números simples i dobles amagats que s'han de reconèixer. Només s'utilitzen codis de color
Test de Dvorine (Figura 3.17)	Permet detectar anomalies vermell-verd i classificar-les en protan i deutan. Utilitzat com un mètode ràpid per la detecció d'anomalies vermell-verd
Test òptic americà de Hardy-Rand-Rittler (AO H-R-R) (Figura 3.18)	Permet detectar anomalies vermell-verd o blau-groc. Dissenyat especialment per nens, similar al Ishihara però en lloc de números fa servir símbols

Taula 3.3. Diferents tests pseudocromàtics



Figura 3.14. City University Test



Figura 3.15. Test del col·legi mèdic de
Tokio



Figura 3.16. Test Ishihara



Figura 3.17. Test Dvorine



Figura 3.18. Test AO H-R-R

- Tests d'ordenar són aquells en els quals l'observador ha d'ordenar correctament una sèrie de peces que segueixen una seqüència determinada del color. Igual que en el cas anterior, hi diversos tests que ens ajuda a identificar la persona que pateix alguna anomalia de la visió del color.

Test	Explicació
Farnsworth D-15 (Figures 3.19 i 3.20)	Consisteix en ordenar 15 fitxes de color a partir d'una fitxa de referència. Es ràpid i pràctic. Permet classificar l'anomalia cromàtica a partir d'un diagrama circular.
Farnsworth-Munsell 100 Hue (Figura 3.25)	Una versió més complexa de l'anterior. Utilitza més fitxes de color i permet indicar la discriminació de tons. No permet diferenciar entre dicròmats o tricròmats anòmals.
Lanthony D-15 (Figura 3.27)	Prova ràpida de realitzar, igual que el Farnsworth D-15, consisteix en ordenar unes fitxes desaturades a partir de la fitxa de referència. Permet classificar l'anomalia segons si es protan, deutan o tritan i indica la gravetat de l'afectació. Al tractar-se d'un test amb una sensibilitat molt alta més sensibilitat, permet detectar els tricròmats anòmals lleus o persones que han desenvolupat un problema adquirit degut a alguna patologia ocular. Aquests tests permeten la detecció de les alteracions en estadis molt inicials.

Taula 3.4. Diferents tests d'ordenació



Figura 3.19. Farnsworth D-15



Figura 3.20. Realització del test de Farnsworth D-15 i la resposta obtinguda que es pot consultar al girar el test.

En la següent imatge podem veure el resultat obtingut a partir de les fitxes ordenades pel pacient. Segons l'anomalia que presenti el pacient ordenarà les fitxes d'una manera o d'un altre donant com a resultat els següents diagrames. Si el pacient no presenta una dicromatòpsia ordenarà les fitxes dibuixant un cercle, tal i com es pot veure en la figura de sota (Figura 3.21). Si una persona presenta una dicromatòpsia el diagrama resultant ja no se serà circular si no que seguirà un altre ordre. Si ens fixem aquests diagrames presenten uns eixos de colors que ajuden a detectar de quin defecte al color es tracta. En el cas que el pacient presenti una protanopia (Figura 3.22) les línies del diagrama es veuran dibuixades paral·leles al eix representat en vermell, en el cas d'una deuteranopia (Figura 3.23) les línies dibuixades en el diagrama es veuran representades paral·leles a l'eix de color verd i finalment el patró resultant en el cas d'una tritanopia (Figura 3.24) seran línies paral·leles a l'eix de color blau, creuant els altres eixos en cadascun dels casos.

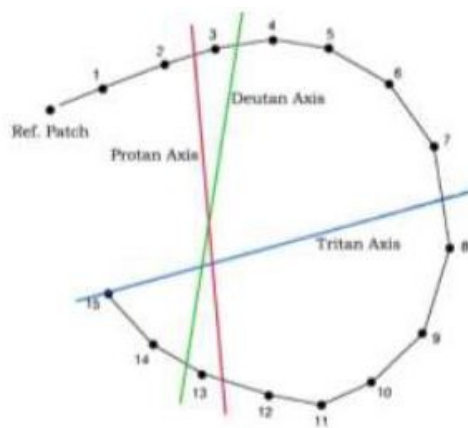


Figura 3.21. Resultats d'un tricròmata normal

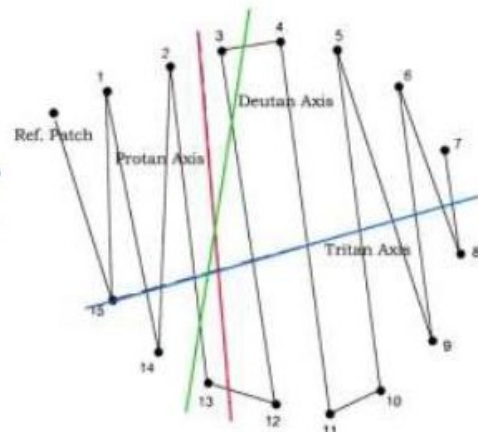


Figura 3.22. Resultats d'una protanopia

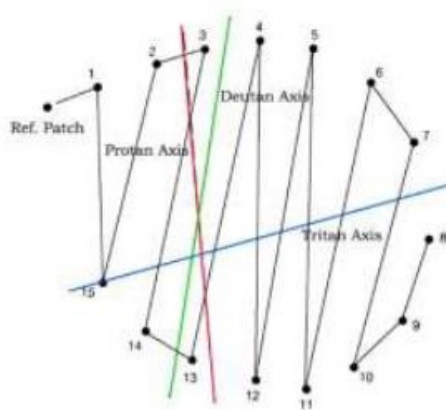


Figura 3.23. Resultats d'una deuteranopia

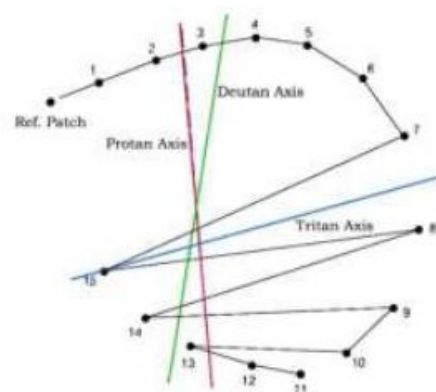


Figura 3.24. Resultats d'una tritanopia



Figura 3.25. Test Farnsworth-Munsell 100 Hue

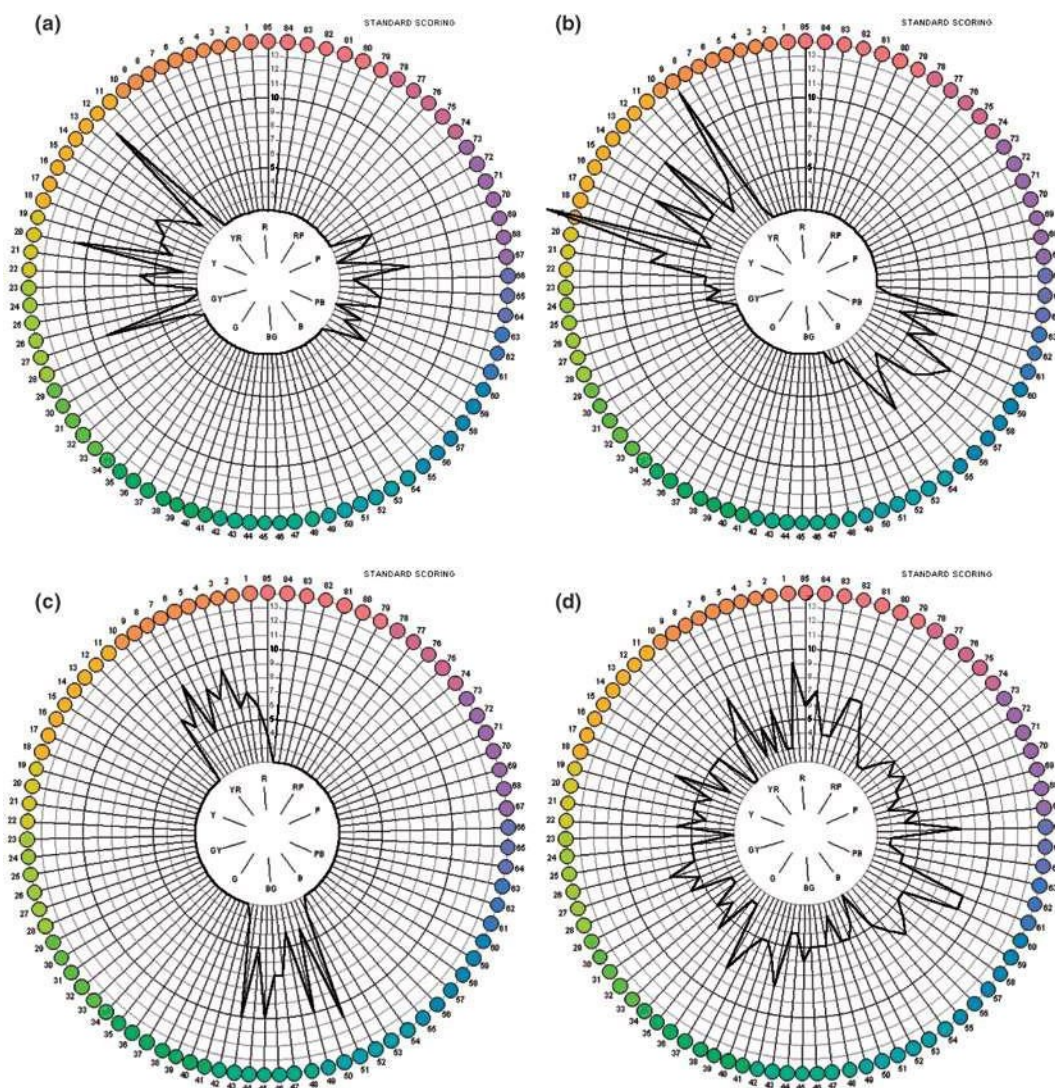


Figura 3.26. Resultats del test Farnsworth-Munsell 100 Hue (a) protan (b) deutan
(c) tritan (d) sense definir

El test de Farnsworth Munsell Hue 100 és el test més complet que es pot utilitzar i serveix per analitzar la deficiència de la visió del color i obtenir informació sobre el tipus i el grau d'afectació d'aquesta. El test està compost per 85 fitxes repartides en quatre caixes cada una amb fitxes de colors similars de diferents tonalitats per ordenar. Les caixes es troben organitzades en quatre tonalitats diferents: taronja-vermell, groc-verd, blau-violetes i violetes-vermells;

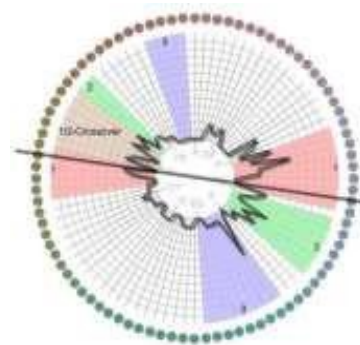


Figura 3.27. Eixos sobre els quals es

cada caixa té una fitxa fixa de referència a partir de la qual s'ha d'ordenar les altres. El diagrama resultant per una persona amb visió

dibuixen les línies de confusió en cada defecte al color.

normal al color es veurà dibuixat al voltant del centre del diagrama i regular. En el cas de les persones amb defecte al color les línies dibuixades en forma de pics sobre del diagrama es donaran en pols oposats uns als altres donat que aquells colors són els que els confonen (Figura 3.27). Com es pot veure el la imatge per una persona amb defecte del tipus protan (1), les línies de confusió es veuran dibuixades sobre l'eix vermell, en el cas dels deutan (2) sobre l'eix verd i finalment els tritan (3) sobre l'eix blau donant resultats similars als representats a la Figura 3.26. ^[1]



Figura 3.28. Test Lanthony D-15

3.4. CRIBRATGES VISUALS

Un cribratge és una activitat de la pràctica mèdica. Es defineix per la OMS com “la identificació presumptiva, amb l’ajuda de les proves, els exàmens o altres tècniques susceptibles d’aplicació ràpida, dels subjectes afectats per una malaltia o per una anomalia que fins llavors hagués passat desapercebuda.”

Aquesta prova és una mesura de prevenció que té com a finalitat identificar i detectar precoçment un cert problema o malaltia a partir d’un conjunt de proves escollides prèviament.

L’objectiu d’un cribratge és examinar el màxim nombre d’individus que puguin presentar alguna alteració per poder-la estudiar posteriorment.

Per a poder dur-lo a terme s’han d’establir les proves que es vulguin realitzar i les mesures necessàries, per això s’ha d’identificar l’objectiu pel cribratge a realitzar, la població que interessa analitzar i determinar les proves específiques i l’espai on es volen realitzar.

En un cribratge, al no realitzar-se exàmens complets, s’han d’establir criteris passa/falla, que indiquen el llindar que s’ha d’assolir per indicar si l’individu supera les proves establertes i classificar els individus en dos grups: individus que passen el cribratge i individus que fallen el cribratge, per això s’han d’establir uns valor de normalitat per la població a analitzar i que ens condueixi a l’objectiu final del cribratge.

En el nostre cas, el cribratge a realitzar és un cribratge visual i l’objectiu principal es el d’examinar una gran quantitat de pacients i identificar els pacients que puguin presentar problemes visuals greus i les disfuncions de major incidència en el mínim temps possible.

El grup d’individus a estudiar és la població escolar d’una franja d’edat específica sense buscar cap cap alteració o disfunció en concret. Per això es fa una selecció de proves visual concretes i s’estableix un ordre en funció de l’espai disponible per realitzar-les.

S’estableixen els criteris passa/falla per superar cada prova. Per que el cribratge sigui efectiu s’ha de fer una bona selecció dels criteris per tal que passin desapercebuts el mínim nombre possible de pacients amb problemes visual i es remetin el mínim nombre de pacients sans. Per a un bon protocol de cribratge s’ha d’aspirar a uns nivells elevats de sensibilitat i d’especificitat. La intenció no és realitzar un diagnòstic, només decidir si es necessari un examen complet.

- Sensibilitat: proporció d’individus que fallen i veritablement tenen un problema (veritables positius). Una baixa sensibilitat implica remetre massa pacients.

$$\frac{\text{Número de veritables positius}}{\text{Número total de positius}} = \text{Valors entre 0 i 1}$$

- Especificitat: proporció d'individus que passen i veritablement no tenen cap problema (veritables negatius). Una baixa especificitat no permet detectar els pacients que presenten algun problema o disfunció.

$$\frac{\text{Número de veritables negatius}}{\text{Número total de negatius}} = \text{Valors entre 0 i 1}$$

Un cop acabat el cribratge s'ha de fer un informe indicant si s'han passat o no les proves i en el cas de no haver-se passat, recomanar un examen més exhaustiu. ^{[5][19]}

3.4.1. Cribratge visual – visió del color

Veient els inconvenients que poden causar un defecte al color en edat escolar i professionalment, a l'hora de realitzar cribratges visuals a escolars és molt important que es passi un test de visió del color per poder fer conscients als pares i mestres de la problemàtica de l'infant per poder facilitar-li les tasques a realitzar tant quotidianes com en activitats escolars. És molt important que l'individu sigui conscient de l'anomalia que té a nivell visual per saber escollir el camí que poden seguir a nivell professional i que se li pugui orientar cap a una professió en la qual la visió del color no sigui imprescindible.

4. MÈTODE

S'ha realitzat un cribratge visual a un grup d'escolar de 8-9 anys de la ciutat de Terrassa, com a pràctiques d'una assignatura del Grau en òptica i optometria.

La gestió dels dies d'assistència dels escolars s'ha portat a terme a través del Centre Universitari de la Visió (CUV), que és el centre on es desenvolupen aquestes sessions. L'horari establert ve condicionat per l'horari escolar i es limita a la franja entre 9:00 i les 12:00 del matí.

Els mestres havien de portar dues autoritzacions firmades pels pares: una amb el consentiment de realització del cribratge i una altra per autoritzar la recollida dels informes amb els resultats de cada prova del cribratge. Juntament amb les autoritzacions firmades pels pares, porten un qüestionari de cada nen indicant si hi ha o no sospites de problemes visuals i si això es reflecteix en els resultats acadèmics.

Un cop arribaven els nens al CUV, els repartíem en dos grups i per diferenciar-los els hi enganxàvem gomets de diferents colors. El primer grup passava a la sala d'espera, un cop allà un grup de quatre nens es repartien pels quatre gabinets que teníem preparats i uns altres dos passaven a dues altres sales preparades on feien la prova del color i la del DEM. Totes les proves del nostre cribratge han estat: dominància ocular i motora, cover test (CT), mesura del punt pròxim de convergència (PPC) i el d'acomodació, mesura de l'agudesia visual (AV), retinoscòpia, DEM (Developmental Eye Movement Test) i visió del color, en la Taula 4.1 es mostren els llindars passa/falla establerts per cadascuna.

	Passa	Falla
AV monocular	≥ 0.7	< 0.7
Retinoscòpia	Hipermetropia $\leq 1,50$ D Astigmatisme $\leq 1,00$ D	Hipermetropia $> 1,50$ D Astigmatisme $> 1,00$ D Miopia
CT visió llunyana	$\leq 2 \Delta$ exofòria (X) $\leq 2 \Delta$ endofòria (E)	$> 2 \Delta$ exofòria (X) $> 2 \Delta$ endofòria (E) Tròpia
CT visió propera	$\leq 8 \Delta$ exofòria (X') $\leq 2 \Delta$ endofòria (E')	$> 8 \Delta$ exofòria (X') $> 2 \Delta$ endofòria (E') Tròpia
Comitància	Diferències $\leq 8 \Delta$	Diferències $> 8 \Delta$
PPC	≤ 10 cm	> 10 cm
PPA	≤ 10 cm	> 10 cm
DEM	Tipus 1 i 3	Tipus 2 i 4
Visió del color	Tot correcte o falla 1 làmina	Falla > 2 làmines

Taula 4.1. Llindars pasa/falla establerts per a cada prova

Al gabinet preguntàvem per les seves dades personals (nom, cognoms i data de naixement) i pels símptomes que podien o no presentar. Un cop fet això, realitzàvem primer les proves no invasives; miràvem la dominància motora de la mà, que era aquella mà amb la qual escrivien i per veure l'ocular, teníem una cartolina amb un forat enmig i li dèiem que ens mirés a través d'ell; l'ull dominant era aquell que el nen feia servir per a mirar-nos a través del forat.

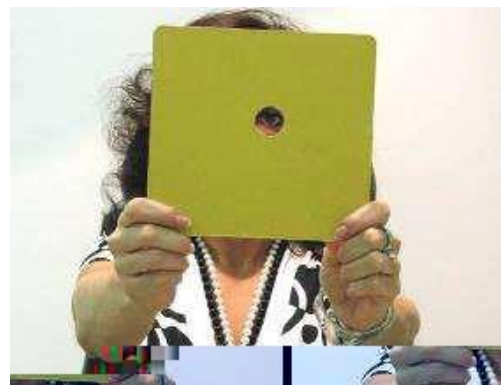


Figura 4.1. Dominància ocular

Mesuràvem l'agudesia visual (AV) monocular que tenien sense correcció o amb les ulleres, si en duïen. L'AV es mesura a partir de la lletra més petita que son capaç de llegir sobre la pantalla situada a 5 m. Per que el nen passés la prova havia d'obtenir una $AV \geq 0,7$ en escala decimal, monocularment.



Figura 4.2. Agudesia Visual

A continuació fèiem el cover test (CT) que consisteix en cobrir i descobrir els ulls alternament per comprovar que no hi hagi alguna desviació dels ulls i que no es vegin a simple vista. Per a que aquesta prova obtingués un bon resultat no s'hauria de presentar cap tropia/estrabisme (desviació que s'observa a simple vista si es gran) i si és petita, és fàcilment detectable amb el CT; i tampoc cap fòria (desviació que no s'observa a simple vista) que superés en visió propera (VP) 8x' o 2e' i en visió llunyana (VL) (2x o 2e'). Aquesta



Figura 4.3. Cover Test

desviació hauria de ser igual en qualsevol posició que fèssim mirar al nen, és el que se'n diu comitència, que també es important per a poder passar la prova, perquè la diferència d'aquesta desviació no ha de superar les 8Δ segons la posició de mirada.



Figura 4.4. Endofòria i Exofòria

Una altra prova que no invasiva, és el punt pròxim de convergència (PPC) que és la capacitat de l'ull de mantenir la convergència sobre un objecte que s'apropa a la seva cara fins que el vegi doble. Per realitzar aquesta prova, apropàvem la punta del bolígraf en direcció al seu nas i el nen havia de seguir-la avisant-nos quan aconseguia veure-la doble. Per superar la prova el nen havia d'aconseguir veure la punta del bolígraf doble a una distància ≤ 10 cm del seu rostre, distància que mesuràvem amb un



Figura 4.5. Punt Pròxim de Convergència

regle que tenia marcada aquesta distància. El nen que veia doble a una distància major de 10 cm, li col·locàvem un filtre vermell davant d'un dels seus ulls i realitzàvem novament la prova amb una llum puntual i mesuràvem la distància a la qual el nen veia la llum doble.

També mesuràvem el punt pròxim d'acomodació (PPA) que consisteix en la capacitat d'enfocar objectes propers. És una prova que s'ha de fer monocular, per tant, col·locàvem una figura petita davant de l'ull del nen i l'anàvem allunyant lentament fins que el nen aconseguís veure-la. Per superar aquesta prova s'havia d'aconseguir veure aquesta figura a una distància ≤ 10 cm.

Un cop realitzades totes aquestes proves, fèiem la retinoscòpia, que al haver d'enlluernar al nen, la deixàvem pel final. El nen es col·locava una lent de +2.00 D o +2.50 D sobre l'ull nu o sobre la ullera, primer sobre l'ull esquerre i després sobre l'ull dret, i havia de mirar fixament una figura sobre la pantalla. Mentre tenia la lent sobre l'ull esquerra, li dèiem que encara que veies malament la figura que la mirés fixament i nosaltres amb l'ajuda de la regla esquiàscòpica mesuràvem la refracció de l'ull, un cop analitzat un ull passàvem a l'altre per realitzar la mateixa operació. Per a obtenir uns bons resultats de la prova, el nen havia de presentar hipermetropia ≤ 1.50 D i astigmatisme ≤ 1.00 D. En cas de presentar valors més alts d'hipermetropia o d'astigmatisme i que enlloc d'hipermetropia tingués miopia, el nen no passava la prova.



Figura 4.6. Retinoscòpia

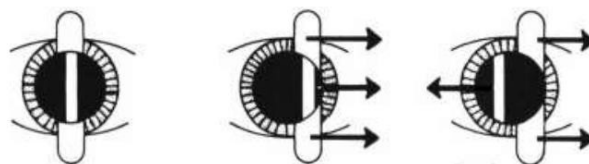


Figura 4.7. Moviment del reflexe en una retinoscòpia

La prova del DEM, és una prova per mesurar els moviments sacàdics de petita amplitud dels ulls. Per començar es passa un pre-test que consisteix en una làmina on hi ha números aleatoris del 0-9 disposats en una columna vertical que permet valorar si el nen coneix correctament els números. A continuació hi ha dues làmines amb 40 números, la A i la B en les quals es presenten, tal i com es veu en la imatge, en dues columnes verticals i que el nen ha de llegir-los sense el cap ni seguir-los amb el dit.

Mentre el nen llegeix nosaltres l'hem de cronometrar el temps que triguen, fixant-nos que no s'equivoqui o es deixi algun. Un cop tenim els temps de les làmines A i B els sumem per a obtenir el temps total que ha trigat en llegir els 80 números (Tv) i el número d'error que ha comés.

Tot seguit es passa la làmina C, en la qual hi ha 80 números disposats horitzontalment i amb diferents interespaiats que ha de llegir sense moure el cap ni seguir amb el dit. Seguint el mateix procediments d'abans, hem de cronometrar el temps que triga en llegir aquest 80 números (Th) i anotar el número d'errors comesos.

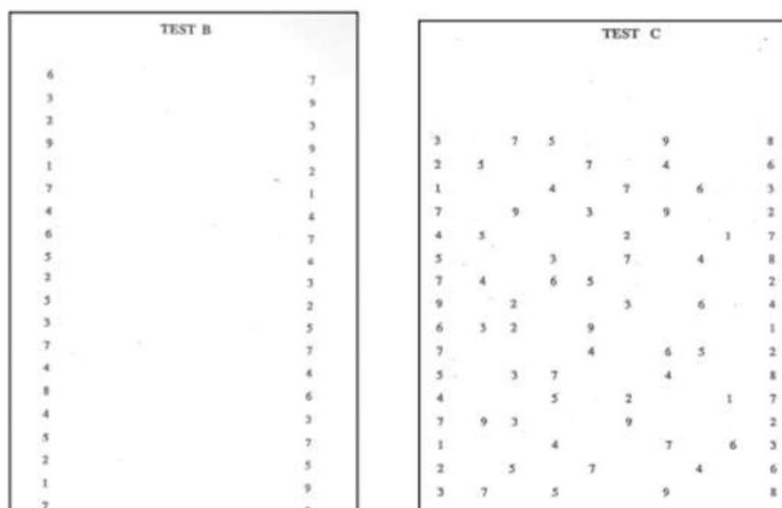


Figura 4.8. Làmines B i C del DEM

Els errors poden ser d'omissió, de substitució, d'addició o de transposició i són fàcilment controlables, ja que nosaltres disposem d'un full on es pot fer el control. Per obtenir el valor Th i Tv tenint en compte els errors comesos hem de fer la següent operació: $ADJ\ TIME = Temps * [80 / (80 - o + a)]$. (o = ommissió; a = addició).

Un cop es tenen aquests valors, calculem la raó de Th/Tv (RATIO= Th/Tv) i els resultats que s'obtenen es comparen amb una taula de resultats de normalitat segons l'edat. En el nostre cas els resultats d'aquesta raó (RATIO) ha d'estar entre 4.61 i 2.17.

A partir d'aquests resultats, el DEM es pot classificar en 4 tipus:

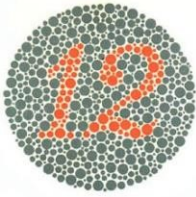
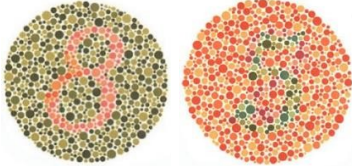
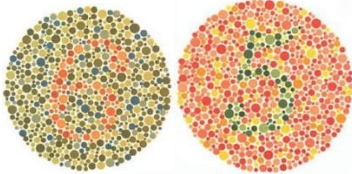


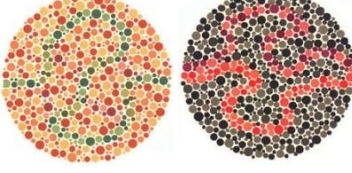
TEMPS VERTICAL	TEMPS HORIZONTAL	$R = T_H/T_V$	INTERPRETACIÓ
Normal	Normal	Normal	TIPUS I: Bones habilitats oculomotores
Normal	Elevat	Elevada	TIPUS II: Dificultat en habilitats oculomotores
Elevat	Elevat	Normal	TIPUS III: Dificultat en reconeixement i/o expressió...
Elevat	Molt elevat	Elevada	TIPUS IV: Dificultat en reconeixement i/o expressió... i dificultat en les habilitats oculomotores

Taula 4.2. Interpretació dels resultats del DEM

En aquesta prova consideràvem que passava la prova si obtenien un resultat de tipus I o III.

La prova del color la fèiem amb el test d'Ishihara. No passàvem el test sencer, sinó que, s'han escollit unes làmines determinades per ser-nos d'ajuda a l'hora de classificar l'anomalia que presenta l'individu. Les làmines escollides han estat entre les 25 primeres làmines, de les 38 total que té el test d'Ishihara de l'any 1917: 12, 8, 29, 5, 3, 6, 45, 5, 7, 26 i 42. Hem escollit dues làmines de cada disseny, i tot i no passar el test sencer, passant dues de cada disseny ens asseguràvem que la prova ens proporcionava resultats coherents.

En la taula 4.3 es mostra cada una d'aquestes làmines i es descriu el disseny i la funció de cadascuna.

Làmina nº	Disseny	Funció	Imatges
1	Introductòria	Làmina del reconeixement del número, pot ser vista per tothom	
2 - 9	Transformació	Els pacients amb deficiència vermell - verd veuran un altre número diferent del que es troba dibuixat	
10 - 17	Desaparició	Els pacients amb deficiència vermell - verd no són capaços de veure els números dibuixats	
18 - 21	Dígits amagats	Els pacients amb deficiència vermell - verd veuen dibuixat un numero mentre que una persona amb visió del color normal no veu res	
22 - 25	Diagnòstic protan/deutan	Protanopia / protanomalia: veuen els números: 6 i 5 Deuteranopia / deuteranomalia: veuen els números 2 i 3	
26 - 38	Camins	Làmines amb el mateix patró de color que les anteriors pensades pels pacients que saben no llegir	

Taula 4.3. Dissenys i explicació de les làmines del test Ishihara

Figura 4.9. Làmines del test Ishihara

Igual que en les altres proves, el nen passava la prova sempre i quan fallés una sola làmina de l'Ishihara o digués correctament el número indicat i fallava la prova quan no podia llegir el número indicat o digués algun altre número, cosa que ens feia sospitar d'una anomalia de la visió del color.



Figura 4.10. Test Ishihara

Un cop acabades les proves, es preparaven dos informes, un pels pares, indicant la salut visual del nen i si feia falta seguir controls o bé fer un examen visual més extens, i un altre pel mestre, indicant si el nen té algun problema visual relacionat amb la binocularitat, l'acomodació, la visió del color o de refracció en el cas que alguna d'aquesta alteració visual interferís en l'aprenentatge del nen.

Aquest treball acadèmic en concret, es centra només en la visió del color i el rendiment acadèmic dels nens de tercer de primària.

5. RESULTATS

Els resultats que proposarem són extrets d'una mostra total de 2987 pacients, hem acotat aquesta mostra a un total de 2305 subjectes, s'han considerat únicament als subjectes que cursen 3r de primària i als quals se'ls hi a pogut passar la prova de visió del color. La mostra final (2305) està formada per 1051 nens i 1254 nenes.

Les dades utilitzades per l'estudi provenen dels cribratges visuals realitzats en diferents escoles de Terrassa que formen part d'un projecte Visual. amb l'objectiu determinar la incidència sobre les anomalies cromàtiques que poden presentar alteració visual (deficiència al color) que té una baixa prevalença.

Les dades recopilades per dur a terme l'estudi van des de l'any 2013 fins al 2018, son dades recollides pels alumnes que cursen l'assignatura optativa de Cribratges Visuals, que s'imparteix en el Grau d'òptica i optometria. S'utilitzen totes aquestes dades ja que si ens limitem als valors obtinguts només de la mostra de l'any 2018 els resultats no serien representatius perquè la mostra és massa petita per la baixa prevalença d'aquesta alteració visual.

5.1. PREVALENÇA DE LES ANOMALIES DE LA VISIÓ DEL COLOR

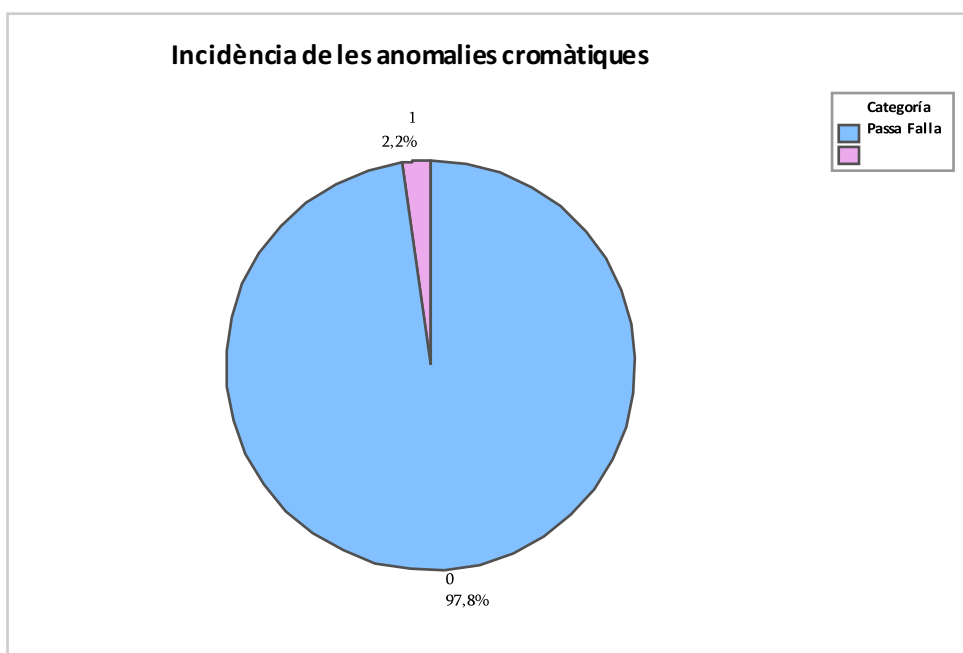


Figura 5.1. Prevalença del defecte al color

Del total de la mostra analitzada (2305) un 97,8 % (2255 nens i nenes) passa la prova de la visió del color, la qual cosa significa que no presenten cap anomalia de la visió cromàtica, en canvi, el 2 % (49 nens i 1 nena) restant no passa la prova indiquen que hi ha una alteració cromàtica , això es pot veure reflectit en la figura 5.1.

5.2. VISIÓ DEL COLOR I SEXE

A continuació analitzarem la incidència dels dèficits de la visió cromàtica en funció del sexe. Com es pot observar en la Taula 5.1 hi ha una major incidència de nens que no passen que de nenes, d'una mostra total de 1051 nens, 49 d'aquests es veuen afectats amb una anomalia de la visió cromàtica, mentre que, d'un total de 1254 nenes només 1 d'elles va ser detectada que presenta una anomalia cromàtica.

	Passa	Falla	Total
Nens	1002	49	1051
Nenes	1253	1	1254
Total	2255	50	2305

Taula 5.1. Resultats totals obtinguts de la prova de visió del color dividits pel sexe

Tal com es pot veure en la figura 5.2, la incidència d'anomalies de la visió del color és major en la població masculina, afectant a un 48 % de nens de la nostra mostra total, en canvi el percentatge d'incidència en nenes és de només un 2 % de la mostra total.

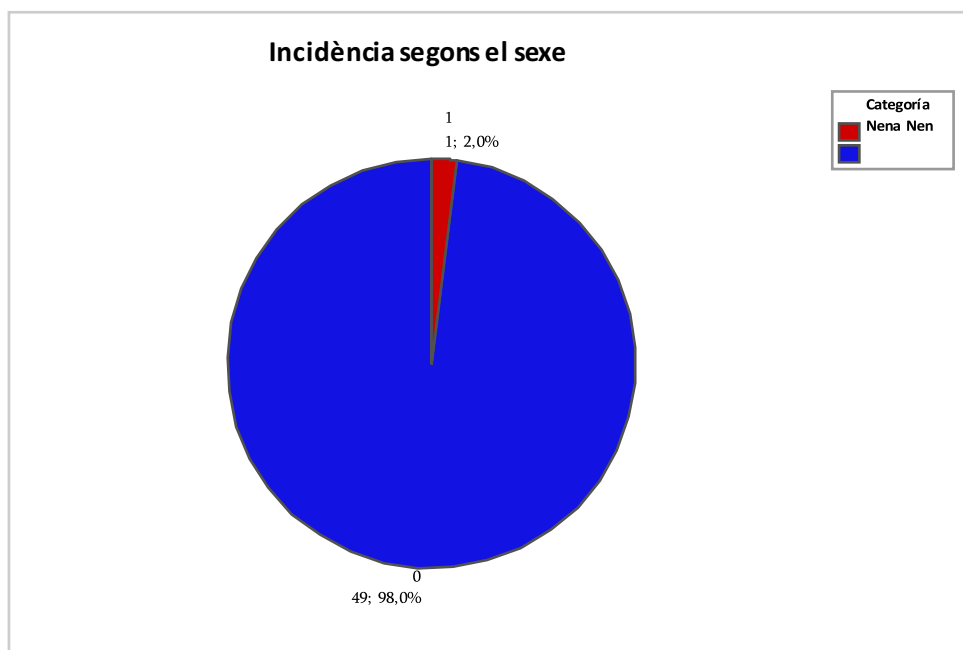


Figura 5.2. Incidència de la visió del color segons el sexe

	Khi-quadrada	GL	Valor p
Pearson	56,579	1	0,000
Relació de versemblança	69,606	1	0,000

Taula 5.2. Resultats de la prova khi-quadrada

La prova khi-quadrat serveix per examinar la relació entre dues variables categòriques, en el nostre cas, la “visió del color” i el “sexe”. Com podem observar el valor $p < 0,5$ per tant la discrepància és gran i descartem la hipòtesis nul·la (H_0 = les dues variables són independents entre sí), ja que, com podem veure, les anomalies de la visió del color van estretament lligades al sexe del pacient (taula 5.2.). ^[12]

5.3. RENDIMENT ACADÈMIC I VISIÓ DEL COLOR

Tot seguit analitzarem si les anomalies de la visió cromàtica tenen alguna influència negativa en el rendiment acadèmic d'aquests estudiants. Volem saber si el “rendiment acadèmic” (variable quantitativa) es veu afectat per les anomalies de la “visió del color” (variable qualitativa) mitjançant una prova de contrastos d'hipòtesis de mitjanes, obtenint les següents dades:

En la següent taula es mostren els resultats obtinguts de la relació de la mitja del rendiment acadèmic i la visió del color en funció si la visió del color es veu o no afectada per un defecte del color.

Visió del color	N	Media	Desv.Est.	Error estàndard de la mitja
Passa	2167	5,97	2,15	0,046
Falla	49	5,76	2,14	0,31

Taula 5.3. Resultats estadístics representatius del rendiment acadèmic

Hipòtesis nul·la	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	μ_1 : mitja del Rendiment acadèmic quan Visió del color = 0
Hipòtesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
		μ_2 : mitja del Rendiment acadèmic quan Visió del color = 1
Valor T	GL	Valor p
0,67	50	0,507

Taula 5.4. Resultats sobre el rendiment acadèmic a partir de la hipòtesi nul·la

Tal i com podem veure en la taula 5.4, no hi ha cap relació entre una visió defectiva al color i el rendiment acadèmic, ja que a partir de la mitja feta, podem veure que tant si es passa com si no la prova de la visió del color, la mitja és molt similar. També podem veure que el valor, en aquest cas és $p > 0,5$ per tant la discrepància és petita i no descartem la hipòtesis nul·la (H_0 = les dues variables són independents entre sí), cosa que afirma que el rendiment acadèmic no es veu influït per les anomalies de la visió del color que el pacient pugui patir.

6. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

A continuació, en aquest apartat es comentaran resultats obtinguts en el punt anterior d'aquest treball i es contrastaran amb estudis anteriors per tal de valorar la validesa i la fiabilitat del nostre estudi.

6.1. PREVALENÇA DELS DEFECTES DE LA VISIÓ CROMÀTICA SEGONS EL SEXE

La prevalença d'anomalies de la visió del color segons els resultats obtinguts, és notablement més gran en nens que en nenes. Això ens confirma que generalment són els homes els que presenten anomalies congènites de la visió del color ja que hereten l'al·lel recessiu per part de la mare que és portadora.

A partir dels resultats obtinguts podem observar que el percentatge de nens afectats per anomalies cromàtiques és d'un 4,6% i un 0,07 % en nenes. Contrastant aquests resultats amb altres estudis publicats, que coincideixen dient que la incidència és del 8% en la població masculina i del 0,4% en la femenina, observem que la prevalença en la nostra mostra és gairebé la meitat respecte els resultats obtinguts d'altres estudis.

Un article publicat per la revista *American Journal of Ophthalmology* va estudiar la prevalença d'anomalies cromàtiques en nens de 6 anys amb el test Ishihara, obtenint una prevalença del 3,6 % en nens i 0,1 % en nenes. Aquests resultats s'assemblen molt més als nostres obtinguts a partir dels cribratges, tant en nens com en nenes. ^[21]

6.2. INFLUÈNCIA DELS DEFECTES DE LA VISIÓ CROMÀTICA EN EL RENDIMENT ACADÈMIC

A partir dels resultats obtinguts en l'apartat anterior podem observar que no existeix relació directa entre la visió defectiva del color i el rendiment escolar, per tant, no es pot afirmar que les anomalies cromàtiques tinguin alguna influència negativa sobre els resultats acadèmics dels estudiants. Es veu que la mitja del rendiment escolar és molt similar tant pels estudiants que presenten anomalies de la visió cromàtica com pels que no la presenten. Per la qual cosa, podem afirmar que un baix rendiment acadèmic no és resultat d'una anomalia de la visió del color, ja que hi ha altres factors, per exemple, visuals, cognitius o socioculturals que poden tenir més influència sobre el rendiment acadèmic de l'estudiant.

Realment, segons diversos estudis, les deficiències de la visió cromàtica pot interferir en tasques concretes però no hi ha un gran impacte en l'estil de vida dels estudiants i són capaços de trobar estratègies que compensin la seva deficiència en aquestes tasques concretes o alguns entorns educatius i/o professionals molt específics.

A la conclusió a la que es pot arribar després d'haver realitzat aquest treball és que tot i que no existeix cap tractament per combatre les anomalies congènites de la visió del color, és molt important que es detectin amb temps per que es conegui el problema per tal de poder ajudar i aportar tècniques que ajudin les persones afectades en els estudis, si es veuen afectades, i poder proporcionar una bona orientació als estudiants que han d'escollir una sortida professional.

7. BIBLIOGRAFIA

Bento-Torres, N. V. O., Rodrigues, A. R., Côrtes, M. I. T., de Oliveira Bonci, D. M., Ventura, D. F., & de Lima Silveira, L. C. (2016). Psychophysical Evaluation of Congenital Colour Vision Deficiency: Discrimination between Protans and Deutans Using Mollon-Reffin's Ellipses and the Farnsworth-Munsell 100-Hue Test. *PloS one*, 11(4), e0152214 ^[1]

Bravo, B., Pesa, M., & Pozo, J. I. (2010). Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*^[2]

Bruni, L. F., & Cruz, A. A. V. (2006). Sentido cromático: Tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 69(5), 766-775 ^[3]

Cáceres, D., & Héctor, E. (1977). Anomalías de la Visión Cromática. *Revista de la Universidad de La Salle*, 1(1), 38-48^[4]

Cerdá, Teresa i Asunce, Nieves (2006). *Implantación y evaluación de programas poblacionales de cribado. 3a Monografía de la Sociedad Española de Epidemiología*. [ed.] Ana García García: p. 1-102^[5]

C.I.E publication 145 (2001) technical report: improvement to industrial colour-difference evaluation. CIE central Bureau, Vienna ^[6]

Clementi, M. M., & Acerbi, A. M. (2011). Uso de filtros en alteraciones de la visión cromática: Un caso de anomalía tipo deután. *Gaceta de optometría y óptica oftálmica*, (459), 36-39 ^[7]

Cole, B. L. (2007). Assessment of inherited colour vision defects in clinical practice. *Clinical and experimental optometry*, 90(3), 157-175 ^[8]

Conway, B. R. (2009). Color vision, cones, and color-coding in the cortex. *The neuroscientist*, 15(3), 274-290^[9]

Cosstick, M., Robaei, D., Rose, K., Rochtchina, E., & Mitchell, P. (2005). Numerical confusion errors in ishihara testing: findings from a population-based study. *American journal of ophthalmology*, 140(1), 154-156.^[21]

Dain, S. J. (2004). Clinical colour vision tests. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(4 - 5), 276-293 ^[10]

Executive, H. a. (2005). Colour vision examination: a guide for occupational health providers ^[11]

Gerl, E. J., & Morris, M. R. (2008). The causes and consequences of color vision. *Evolution: Education and Outreach*, 1(4), 476 ^[12]

- Hurlbert, A. (1997). Colour vision. *Current Biology*, 7(7), R400-R402 ^[13]
- Lee, B. B. (2008). The evolution of concepts of color vision. *Neurociencias*, 4(4), 209 ^[14]
- Melgosa, M., Huertas, R., & Hita, E. (2006). Problemas de aprendizaje derivados de la visión defectiva del color: un ejemplo práctico. *Revista de educación*, 340, 713-729 ^[15]
- Semary, N. A., & Marey, H. M. (2014, April). An evaluation of computer based color vision deficiency test: Egypt as a study case. In *2014 International Conference on Engineering and Technology (ICET)* (pp. 1-7). IEEE ^[16]
- Simunovic, M. P. (2010). Colour vision deficiency. *Eye*, 2010, vol.24, no. 5, p. 747 ^[17]
- Suero, M. I., Pérez, A. L., & Pardo, P. J. (2007). Investigación en Visión del Color y Aplicaciones en el Laboratorio de Óptica de la Universidad de Extremadura. *Opt. Pura Apl*, 40, 79-85 aprendizaje ^[18]
- UPC. *Apunts assignatura Tractament Dades Visuals* ^[19]
- Urtubia Vicario, C. (2004). *Neurobiología de la visión* (Vol. 51). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica. ^[20]

IMATGES

Figura 3.1. Imatge percebuda amb color i sense color

<https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

Figura 3.2. Espectre visible

https://mrjaen.files.wordpress.com/2016/10/img_0231.jpg

Figura 3.3. Colors primaris. Teoria Tricromàtica

<http://bitacoradecolor.blogspot.com/2011/06/teoria-tricromatica.html>

Figura 3.4. Teoria dels processos oposats

http://ocwus.us.es/pintura/usos-plasticos-del-color/temario/temas2_IMSWCT/page_11.htm

Figura 3.5. Diferents tipus de fotorreceptors de la retina

<https://www.provisu.ch/es/dossiers-es/la-vision-de-los-colores.html>

Figura 3.6. Corbes de sensibilitat espectral dels diferents cons

https://es.wikipedia.org/wiki/Percepci%C3%B3_del_color#/media/File:Cone-fundamentals-with-srgb-spectrum.svg

Figura 3.7. Via Visual Anterior

<https://www.carlosdeiracheta.com/el-poder-de-los-colores-en-la-medicina-tibetana>

Figura 3.8. Divisió del lòbul occipital

http://thebrain.mcgill.ca/flash/a/a_02/a_02_cr/a_02_cr_vis/a_02_cr_vis.html

Figura 3.9. Via Visual Posterior

http://thebrain.mcgill.ca/flash/a/a_02/a_02_cr/a_02_cr_vis/a_02_cr_vis.html

Figura 3.10. Anomalies de la visió cromàtica

<https://www.qvision.es/blogs/ana-tauste/page/2/>

Figura 3.11. Percepció del color segons l'anomalia cromàtica

<https://www.vix.com/es/ciencia/199776/como-ven-los-colores-las-personas-daltonicas-aqui-te-lo-mostramos>

Figura 3.12. Herència genètica dels defectes de la visió del color

<https://pausurribas.wordpress.com/2010/09/12/la-herencia-genetica-del-daltonismo/>

Figura 3.13. Anomaloscopi de Nagel

<https://www.qvision.es/blogs/elisa-hueso/2014/05/18/vision-del-color-iii-parte/>

Figura 3.14. City University Test

<https://sacor.ca/products/city-university-color-test-developed-by-university-of-london-edition-3-ce-marked>

Figura 3.15. Test del col·legi mèdic de Tokio

<https://bid.taylorauction.com/m/lot-details/index/catalog/17252/lot/2407497/>

https://www.colourlovers.com/palette/3514688/Deutanomaly_APC

Figura 3.16. Test Ishihara

<https://amamedicalproducts.com.au/products/kanehara-ishihara-14-plate-colour-blindness-test-book>

Figura 3.17. Test Dvorine

<https://www.worthpoint.com/worthopedia/dvorine-pseudo-isochromatic-plates-467890416>

Figura 3.18. Test AO H-R-R

<https://kaypictures.co.uk/product/hrr-colour-vision-test/>

Figura 3.19. Test Farnsworth D-15

<https://www.deviceoptical.com/pd-farnsworth-dichotomous-d-15-test.cfm>

Figura 3.20. Diagrama circular amb la resolució al revers

<https://www.guldenophthalmics.com/products/index.php/circular-magnetic-farnsworth-d-15-test.html>

Figures 3.21. , 3.22., 3.23. i 3.24. Resultats del test Farnsworth D-15

<https://psyc.ualgarey.ca/PACE/VA-Lab/colourperceptionweb/congenital.htm>

Figura 3.25. Farnsworth-Munsell 100Hue

<https://www.torso.de/en/Tutorials/Tutorials/Munsell-ColorTraining/FM-100-Replacement-Cap::327.html>

Figura 3.26. Resultats del test Farnsworth-Munsell 100 Hue

https://www.researchgate.net/figure/Farnsworth-Munsell-100-Hue-Test-Standard-Results-for-a-protan-b-deutan-c-tritan_fig12_313657827

Figura 3.27. Eixos sobre els quals es dibuixen les línies de confusió en cada defecte al color.

https://www.reddit.com/r/ColorBlind/comments/ardxih/my_results_of_a_farnsworthmunsell_100_hue_colour/

Figura 3.28. Test Lanthony D-15

<https://optimed.com.au/index.php/our-products/eshop/miscellaneous-testing-items/colour-vision-tests/lanthony>

Figura 4.1. Dominància ocular

https://www.coivision.com/index.phpmain_page=product_info&products_id=1338&language=es

Figura 4.2. Agudesia Visual

<http://www.notisalud.miescuelitasaludable.com/2008/09/el-examen-de-agudeza-visual.html>

Figura 4.3. Cover Test

<http://optonohe.blogspot.com/2012/12/deteccion-de-forias-y-tropias-cover.html>

Figura 4.4. Endofòria i Exofòria

Riordan, P., & Whitcher, P. (2004). Oftalmología general de Vaughan y Asbury. *México: Ed. Manual Moderno. Edición, 16*, 233-52.

Figura 4.5. Punt Pròxim de Convergència

<http://www.deviatingeye.com/graphics/textbook-illustrations/near-point-of-convergence.html>

Figura 4.6. Retinoscòpia

<https://www.tecnolasersevilla.es/pacientes/itinerario-paciente/>

Figura 4.7. Moviment del reflexe en una retinoscòpia

<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/optometria/retinoscopia.pdf>

Figura 4.8. DEM

<http://www.acotv.org/es/blog/3-evaluacion-y-tratamiento-de-los-movimientos-sacadicos-oculares>

Figura 4.9. Làmines del test Ishihara

<https://www.color-blindness.com/ishiharas-test-for-colour-deficiency-38-plates-edition/#prettyPhoto>



Figura 4.10. Test Ishihara

<http://smartreviews.info/ishihara-test-manual.html>